

CRT 표시장치에서 두 형태의 크기-내삽 추정 방법의 비교 연구 : 상사자극-계수 반응과 계수 자극-상사반응*

노 재 호 *

Comparison of Two Methods for Size-interpolation on CRT Display : Analog Stimulus-Digital Response Vs. Digital Stimulus-Analog Response*

Jae-ho Ro *

ABSTRACT

This study is concerned with the accuracy and the patterns when different methods was used in interpolation task. Although 3 methods employed the same modality for input (visual) and for output (manual responding), they differed in central processing, which method 1 is relatively more tendency of verbal processing, method 2 is reatively more tendency of spatial processing and method 3 needed a number of switching code (verbal/spatial) performing task. Split-plot design was adopted, which whole plot consisted of methods(3), orientations(horizon, vertical), base-line sizes(300, 500, 700 pixels) and split plot consisted of target locations(1-99).

The results showed the anchor effect and the range effect. Method 2, method 3 and method 1 that order was better accuracy. ANOVA showed that the accuracy was significantly influenced by the method, the location of target, and its interactions (method×location, size×location).

Analysis of error data, response time and frequency of under, just, over estimate indicated that a systematic error pattern was made in task and methods changed not only the performance but also the pattern.

The results provided support for the importance of the multiple resources theory in accounting for S-C-R compatibility and task performance. They are discussed in terms

※ 본 논문은 90년도 강원대학교 기성회 학술 연구비에 의하여 연구되었음.

* 강원대학교 공과대학 산업공학과

of multiple resources theory and guidelines for system design is suggested by the S-C-R compatibility.

1. 서 론

시스템의 정보흐름은 효율적으로 시스템이 운용되는데 필수적이다. 기술의 발전으로 다양한 정보 표시장치와 조종/입력장치가 개발되어지고 있다. 표시장치에 제시되는 정보는 잘 설계(Formatting, Coding, Organizing)되어야만, 처리시(검출, 인식, 이해) 발생하는 실수의 가능성을 감소시키고, 작업부하를 경감할 수 있다.^(1, 16) 정보는 일반적으로 감각기관 : S(Sensory Modality) (시각 : V, 청각 : A)과 표시장치 체재(Format) (공간적 코드 : Sd, 언어적 코드 : Vd)의 4 조합으로 제시된다고 구분할 수 있다.⁽²⁰⁾ 예) V-Sd, 상사형 그림(Analog Picture), V-Vd; 인쇄물, A-Sd 소리의 위치 방향 및 크기 확인, A-Vd; 음성.

이들 조합에 대한 설계 파라미터들의 세부 특성은 오랜 동안 많은 연구가 행해져왔고,^(3, 5, 6, 7, 18) 어떤 조합이 효율적인가는 특정 시스템과 개별 직무에서 요구되는 목적이나 정보의 특성에 따라 정보 흐름의 정확성, 신속성, 민감도를 고려하여 선택되어진다.⁽⁹⁾

특히 V-Sd 경우, 계측기(Sensor)와 컴퓨터의 비약적인 발전은 실시간 상황을 이미지로 상사형, 묘사적, 회화적 표시장치(Computer-animated, Sensor-generated, Optically-generated)들을 통해 제공된다.^(5, 7, 15) 이들 사용시에는 공통적으로 크기/거리 인식에 체계적인 오류가 발생됨이 보고되어져왔다. 기하학적인 착시(Illusion) 현상을 규명하고 해석하려는 노력과 같은 맥락에서, 이러한 오류들은 -잠수함, 탱크, 항공기의 Periscope, 현미경, 소총 조준경,

HMD(Helmet-Mounted Displays), 야시경(Night Vision Device), 비행 시뮬레이터(Model-board 형, Computer-animated 형)-실험적 조사로 존재함이 확인되었으며,^(10, 11, 15) 본질적으로 3차원 정보를 2차원상에서 인식하는데 있지만, 현실과 표시장치 사이에서 거리/크기의 인식에 영향을 주는 요인들은 어떤 차이가 있는지에 대한 이론적인 해석을 위해 연구가 진행되고 있으며, 이들은 연구 결과로 만들어진 예측 모델에 의해 보정되어지거나, 표시장치 설계시에 거리/크기 인식과정을 도울 시각적 보조/참조물(Visual Aid/Reference)이 제공되어진다.^(15, 16) A-Vd 경우, 음성-합성과 음성-인식 기술의 진보는 시각 기관의 과부하를(인간의 지식의 약 80%는 시각적으로 획득) 감소시킬수 있는 대안으로 대두되고 있다.^(14, 19, 22)

자극을 처리 : C(Central Processing)하는 작업 기억(Working Memory)의 실행에 기초가 되는 표상(Representation)에는 근본적으로 다른 2 코드(Spatial/Analog Code, Verbal Code)가 있다. 이들 처리 구분은 이분법(Dichotomy)적이기 보다는 두 양극단 간의 연속체(Continuum)로써 해석하고 있다.^(8, 20, 22)

공간에서 물체를 이동하기, 위치잡기, 방향잡기, 상사적 변형이 요구되는 과업은 공간적이라하고, 이의 인식은 언어적 인식에 비해 이미지로 약호화되어 총체적/상사적인 처리로 이루어진다.^(20, 21)

논리적 연산에 단어나 언어가 중간 매개체로 요구되는 것을 언어적이라한다. 자극의 인식적 특징은 공간적인 것에 비해 직선적 배열로 저장되며, 분석 단위들은 부호적이

며, 인식은 계층적/분석적으로 이루어진다.

언어적, 공간적 인식 처리의 이분법적 해석은 해부학적인 뇌의 좌반구(언어적), 우반구(공간적)의 상대적 처리 능력 차이로도 분석하여 이용한다. 결과로 그림은 왼쪽에 글은 오른쪽에 제시하고 언어적인 것은 왼손으로 공간적인 것은 오른손으로 반응하도록 추천하고 있다. (2, 12)

이들 처리된 정보를 전달하는 반응 기관 : R (Response Modality)은 음성반응 (Speech), 조작반응 (Manual)으로 대별된다.

그동안 공간적, 운동 방향, 개념적 Modality 양립성들은 자극-반응관계로 연구되어져 왔다. 그러나 일련의 자극-반응이 필요하거나, 시분할이 요구되는 직무에서는 S-R 양립성 효과가 미미해지거나 서로 간섭을 일으킨다. 따라서, 인지심리학의 공간적-언어적 처리 코드, 뇌의 좌-우반구 처리 능력 및 S-C, C-R 양립성에 관한 연구 성과들로 인해 전체적인 S-C-R 관계에서 직무 수행의 차이로(반응시간, 오류) 양립성이 더 높은 설계 지침을 찾고자하고 있다. (2, 4, 8, 22)

작업부하를 평가하는 모형인 Resource Model은 위에서 살펴본 정보처리의 단계, 처리 과정의 코드, 자극-반응의 Modality 간의 특성이 다른 분리된 존재로 인해 Multiple-Resources Model로 확장되어지고 있다. (2, 8, 19, 22) 직무에서 육체적이던 정신적이던 한 Resource의 경쟁적 요구는 Resource Construct가 커져 수행력을 저하시키며, 양립성 유지와 Resource의 경쟁적 요구사이에는 상호 작용이 -양립성이 높은 관계를 만족시키면 한 Resource의 Resource Construct가 커지게 됨- 존재하고 이의 증가는 작업부하의 증가를 의미한다. (9, 19, 21)

많은 복잡한 시스템에서는(핵 발전통제, 비행기 조정) 조작자에 과부하가 존재하고, 이러한 부하를 정교하게 분석하는데 Mul-

iple Resources Model이 적합하며, 이를 통해 각 Modality에 적절한 부하가 배분된 Resource Construct들로 수행력의 향상(오류 감소, 반응시간 단축)이 이루어질 수 있다. (9, 19, 21, 22)

따라서, 본 연구에서는 상대적 위치를 어떻게 인식하는가 하는 내삽 직무에 관해 감각 기관으로는 시각을, 제시 자극의 구성은 언어적인 것과 공간적인 것으로, 조작적 반응 (Manual Resoponse)을 할때 작업기억에서 언어적 처리 경향이 강한(방법 1), 공간적 처리 경향이 더 큰(방법 2)와 수행 과정에 언어적 코드와 공간적 코드의 전환이 필요한(방법 3)들의 수행력을 비교해서 다음과 같은 것들을 고찰해 보고자 한다.

첫째, 방법에 따라 내삽능력은 어느 정도 되며, 어떤 차이가 있는가.

둘째, 내삽 직무에 체계적인 오류 및 수행행태 (Pattern)가 존재하는가.

셋째, 이들은 어떻게 해석되어져, 시스템 설계시(S-C-R) 관계가 반영되어 질 수 있는가.

2. 실험계획

2-1. 피실험자

피실험자들은 정상적인 시력을 갖춘 대학생(남 13, 여3 : 평균나이 22세)으로 본실험에서 사용된 내삽 작업을 한 경험은 없으나, 실험에 대해서는 충분한 지식을 갖고 있으며, 동기유발도 잘 되어 있다.

2-2. 자극 및 환경

자극은 녹색형광, 14"(대각선) CRT 표시 장치에 Hercules Graphic Mode(해상력 720×348, Aspect Ratio 2 : 3)로 기저선 중심이 항상 화면 중앙에 있도록 제시했다. 본 실험에서 사용한 3 크기 자극들은 -표현 화소 (Pixel) 갯수(기저선, 눈금단위, 끝 눈금,

표적눈금)- 크기 1(300, 3, 11, 6), 크기 2(500, 5, 18, 9), 크기 3(700, 7, 25, 13)이다. 그리고 기저선 방향은 수평과 수직으로, 수직 방향은 수평 화면을 회전시켜서 제시했다. (자세한 명세는 참고문헌⁽²³⁾의 그림 1, 2와 표 1를 참조하시오.)

자극들 주변 직선들의 참조(Reference)와 틀효과(Framing Effect)를 최소로 하기 위해 무광택 회색지로 CRT 화면을 가려서 원형으로 만들었다.^(10, 15)

화면상의 자극은 수평시선 높이에서 아래로 0~5° 사이, 시선의 정위치(LOS)는 기저선 중앙에 화면은 시선에 수직이 되도록 하였다.^(9, 13) 이때 회광현상이 발생되지 않도록 CRT 화면을 배치했으며, 화면의 밝기와 대비의 조정은 피실험자가 선호하는 상태로 조절하게 했다.

2-3. 계획 및 절차

실험계획은 1차 단위에 3원배치로 -추정 방법(3수준), 방향(2수준), 크기(3수준)-, 2차 단위에 표적위치를 넣어 분할법(Split-plot Design)으로 하였다.⁽²⁴⁾

피실험자는 입실 후 실험실내 조명수준(400~500 Lux)에 적응하고 실험을 하도록 했으며, 지루함이나 피로를 줄여주기위한 한 블럭에 대한 실험이 끝나면, CFF(Critical Flicker Fusion Frequency) 값을 측정하고, 3분간의 휴식을 하게 하였다.^(5, 13, 17) 한 블럭에 대한 표적위치의 제시 순서는 중앙을 중심으로 좌-우 평행된 무작위로 결정되어 피실험자들에게 동일하게 제시하였으며, 다른 블럭들은 다른 무작위로 제시했다.

2-4. 추정방법

표시장치에 자극이 제시되면, 피실험자는 추정치를 키-보드에 의해 직접 타건한다. 이때 가능한한 정확한 추정을 하도록 요구했

다. 각 방법에 대한 학습 훈련을 위해 예비 실험을 본 실험과 다른 날에 했다.

2-4-1. 방법 1(상사형 자극-계수형 반응)

공간적 자극(Spatial)에 대한 조작적 반응(Manual Response)을 언어 코드(Verbal Code)로 처리 수행한다. 기저선에 제시된 자극의 공간적 위치를 숫자로 내삽 추정하기.

2-4-2. 방법 2, 3(계수형 자극-상사형 반응)

언어적 자극에 대한 조작적 반응시 공간적 코드로 처리 수행한다. 화면의 좌상에 숫자가 자극으로 제시되면, 피실험자는 기저선 상에 무작위로 나타난 초기 표적 눈금을 내삽 추정하는 위치에 옮기는 반응을 한다.

방법 2 : 키보드의 숫자-키 구역(Numeric-key Pad)에서 4개의 표식된 키를-7 : LL, 4 : L, 9 : RR, 6 : R-사용했다. 그 기능은 한번의 키 누름으로 표적 눈금이 현재의 위치에서 LL은 왼쪽으로 5단위, L 왼쪽으로 1단위, RR 오른쪽으로 5단위, R 오른쪽으로 1단위씩 움직인다. 이때 이들 키 사용시 정확한 이동 단위를 피실험자에게 알리지 않았다. 추정하는 위치이면 Enter Key를 누른다.

방법 3 : 조작 반응시 공간-언어 조합코드를 이용한다. 문자/숫자-키 구역(Alphanumeric Section)에서 -Q : L, P : R-로 표식하고, 숫자 키, Space Bar와 함께 사용했다. 옮기는 방법은 현재의 위치에서 왼쪽으로 24단위 움직여야 한다면 L 24 Space Bar를 연속해 누르면 표적 눈금은 원하는 위치로 옮겨지고, 이 위치에서 다시 오른쪽으로 7단위 옮기려면 R 7 Space Bar, 다시 오른쪽으로 3단위 옮기려면 R 3 Space Bar로 조작한다. 이때 추정하는 위치이면 Enter Key를 누른다.

방법 2,3은 표적 눈금을 움직여 내삽의 정보를 얻을 수 있기에 제한요인으로 프로그램 내에 초기 표적위치에서 처음 표적 눈금을 왼쪽으로 움직였다면 그 이후의 표적은 초기 위치의 오른쪽으로 넘어갈 수 없도록 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

추정방법(3수준), 기저선 방향(2수준), 크기(3수준)와 표적위치(1-99)의 변화에 따른 내삽 직무에서 종속변수로 절대 오류(표적위치와 추정치 차의 절대값), 오류 형태 횟수(추정치와 표적위치의 차이: 0보다 적으면 과소 추정, 0보다 크면 과대 추정, 0이면 정 추정), 반응-시간치를 사용하여, 인간의 내삽 수행력(Performance)과 내삽 행태(Pattern)를 분석하였다.

3-1. 피실험자

내삽 직무에 영향을 줄 수도 있는 피실험자의 정신피로는 CFF척도로 측정하였다. 일련의 측정점 간의 CFF측정치 차이(;종속변수)는 추정방법, 기저선 방향 및 크기와 랜덤화에 따른 실험순서 변화에 의해 유의한 영향이 없음을 ANOVA분석결과(;표1)로 알 수 있다.

Table 1. ANOVA Table with the Difference of CFF.

Source	SS	df	MS	F	p
Method	0.23	2	0.12	0.06	0.95
Orientation	0.85	1	0.85	0.41	0.52
Size	1.55	2	0.77	0.37	0.69
Sequence	33.69	17	1.98	0.96	0.51
Subject	22.18	15	1.48	0.71	0.77
Error	517.58	250	2.07		
Total	578.29	287			

Ohoshima는 하루동안 CFF값의 감소 한계 추천치인 5~7%내에서는 피실험자들의 생리조건 지수들의(체온, 심박수, 혈압 등) 변화가 통계적으로 유의하지 않는다고 했고⁽¹⁷⁾, 또한 휴식시 보다 인지적 부하 작업후 CFF값이 0.5~7Hz의 감소함을 보고하고 있다.⁽¹³⁾ 그러나 본 실험 전후의 측정치들의 평균 감소율과 감소량은 각각 7.4%, 2.3HZ였다. 변화량의 추천 한계에서 0.4%가 벗어나는 것은 피실험자 중 일부가(3명) 실험전의 CFF값이 낮은 상태에서 4~5Hz 감소량을 보인 결과이다.

정보 처리 작업시 인지 Resource가 얼마나 소모되었는지 측정하는 것은 매우 어려운 문제여서, Actile기간을 관찰해서 수행력이 저하되기 바로 전에 휴식으로 이를 회복시키는 것이 적절하고, 비교적 반복적인 사무작업에서 이 기간은 1~1.5 시간으로 추정되고 있으며, 휴식을 자주한다면 긴 휴식기간은 아니어도 괜찮다.⁽⁵⁾

따라서 본 실험은 실험목적에 벗어나지 않는 부하수준과 실험에 소요되는 시간이(총 실험 시간은 약 280분으로 이중 평균 내삽직무 수행시간 약 230분, 휴식시간 약 50분-블러컨 3분씩 17번) 피실험자에게 요구되었음을 의미하고 이 후의 실험 결과 분석에서 정신피로의 효과는 배제하고 실험의 목적에 대한 것을 고찰할 수 있음을 의미한다.

3-2. 인간의 내삽 수행력

표2는 절대 오류를 종속 변수로 각 조건에 대한 분산 분석의 결과이다. 추정방법(A)과 표적위치(D), 교호작용으로는 추정방법과 표적위치(A×D), 기저선 크기(C)와 표적위치(C×D), A×C×D들은 (p=0.00 < 0.001)내삽 수행에 유의한 영향을 미친다.

Table 2. ANOVA Table with the Absolute Error.

Source	SS	df	MS	F	p
Method (A)	951.52	2	475.76	17.32	0.000
Orientation (B)	2.30	1	2.30	0.08	0.773
Size (C)	89.78	2	44.89	1.63	0.197
Subject (R)	8,104.53	15	540.30	19.67	0.000
(A×B)	26.35	2	13.17	0.48	0.620
(B×C)	11.64	2	5.82	0.21	0.810
(A×C)	176.41	4	44.10	1.61	0.173
(A×B×C)	19.52	4	4.88	0.18	0.950
Error 1	7,004.04	255	27.47		
Location (D)	4,798.25	98	151.00	43.04	0.000
(A×D)	2,337.67	196	11.93	3.40	0.000
(B×D)	329.41	98	3.36	0.96	0.598
(C×D)	1,273.44	196	6.50	1.85	0.000
(A×B×D)	750.11	196	3.83	1.09	0.183
(B×C×D)	605.73	196	3.09	0.88	0.883
(A×C×D)	2,677.45	392	6.83	1.95	0.000
(A×B×C×D)	1,313.19	392	3.35	0.95	0.730
Error 2	92,826.31	26,460	3.51		
Total	133,297.6	28,511			

Error 1 : Whole-Plot, Error 2 : Split-Plot

인간의 내삽 능력은 절대 오류 크기로 중앙값은 1.5 단위보다 적고, 최빈값은 2단위였고, 내삽 추정치의 99.57%가 10단위보다 적다. 절대오류가 13단위보다 큰 내삽은 28512번 수행중 15번 (0.0526%)이 있었는데, 이는 방법 2,3에서 처음 방향 선택을 잘못해서 발생한 횟수이다.

위 결과는 5" 기저선 크기의 자극을 종이 위에 제시한 Cohen, et al. (1970) 실험 결과

와 일치하며, CRT 표시장치에서도 같은 내삽 능력이 있음을 보인다(노재호, 1990).

많은 상황에서 1/10단위로 내삽을 요구하는 것은 믿을 만한 정확도를 얻을 수 있다. 또한 이는 눈금 설계에서 촘촘한 표준 눈금으로 인한 난잡함(Clutter)를 감소시킬 수 있음을 의미한다.

3-2-1. 추정방법에 따른 분석

내삽 수행력은 방법 2, 방법 3, 방법 1의 순서대로 우수했으며, 서로 유의적 차이 ($p < 0.001$)가 있다. (그림 2,3 참조) 표준 편차도 같은 경향을 나타낸다. 내삽직무는 본질적으로 공간적 능력이 더 필요하다. 이를 처리과정과 추정방법에서 좀더 배려한 방법 2의 수행력이 우수하다. 즉 Resource Construct에 문제가 없다면 공간적인 정보를 언어적 코드로 처리하는 것보다는 공간적 정보를 언어적 자극으로 제시하더라도 공간적 코드로 처리하도록 하는 것이 인지적 처리와 조작 반응에 있어 양립성이 높음을 의미한다. 따라서 추정방법에 따라 수행력이 달라지고, 이를 최소로 하는 방법이 존재함을 의미한다. 설계시 직무의 정보처리가 어떤 속성을 갖는가를 규명하는 것이 최우선이며, 이것으로 효율적인 조작-반응을 예측하고, 정보 제시 방법을 선택하는 것이 설계 모델의 기본적 요소라 간주된다.

3-2-2. 표적위치에 따른 분석

표적위치에 따른 절대 오류의 평균, 분산 내용은 그림1과 같다. 표적위치의 좌-우 대칭적인 관계에서 내삽 수행력이 같아 보이므로 4 영역 (I : 1-24, II : 26-49, III : 51-74, IV : 76-99)으로 구분하여 분석한바, I 과 IV, II 와 III의 평균치는 차이가 ($p < 0.05$) 있고, I-IV-III-II 순서로 수행력이 우수하다.

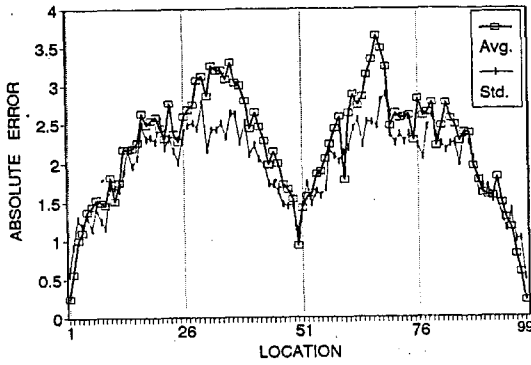


Fig. 1. Mean and standard deviation of absolute error as a function of location.

양쪽 끝눈금 부분과 중앙부분이 다른 위치보다 절대오류와 표준편차가 적다. 이는 이전의 연구^(3, 23)의 결과와 일치하며, 내삽 수행도가 이들 부분에서 다른 위치보다 정확하다. 그리고 이등분 부분의 내삽 능력이 우수하고, 4등분(Quadrisection) 부분도 주변보다는 절대오류 평균이 더 적은데 비해서, 3등분 부분의 절대오류 평균과 분산이 가장 형편 없음을 보인다. 따라서, 내삽 수행력은 정신적 이등분(Mental Bisection) 능력이 다른 등분으로 분할하는 것보다 매우 믿음만 하고 정확하며, 3등분(Mental Trisection) 내삽 능력이 가장 취약하고 불안정하므로 이 부분에 대한 내삽 수행시 대안적 조치가 필요하다.

이는 실제 응용분야에서⁽⁶⁾ 인간공학이 눈금 간의 내삽이 필요한 경우 작업자에게 반값보다 더 정확한 추정값을 요구치 않도록 해 왔던 근거를 지지한다.

3-2-3. 추정방법×표적위치에 따른 분석

그림 2는 추정방법과 표적위치에 대한 평균을 분석한 것이다.

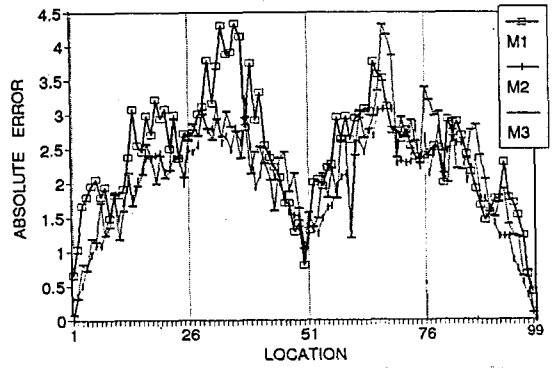


Fig. 2. Mean absolute error for methods as a function of location.

4영역에 대한 분석은 그림 3과 같다. 방법 1은 IV-I-III-II 순서로, 방법 2는 I-IV-III-II, 방법 3은 I-IV-II-III 순서로 수행력이 우수하다.

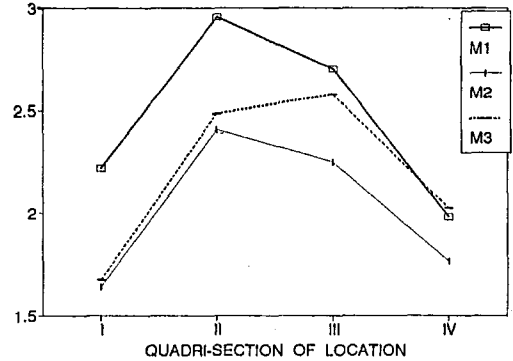


Fig. 3. Mean absolute error for base-line sizes as a function of quadri-section of base-line

추정방법과 추정방법들 간에 4 영역의 비교 영역에 대한 평균 차의 검정 결과는 표 3에 있다. 3-2-2 처럼 다른 방법들은 I 과 IV, II와 III의 평균치는 차이가 있으나 방법 3은 차이가 없으며, 방법 I 과는 오른쪽 영역인(III, IV)에서, 방법 2와는 왼쪽 영역인(I, II)에서 차이가 없었다. 이는 다른 방법과는 달리 공간적 코드 변환의 복잡성 증가

로 처리코드와 조작반응 과정에 어떤 유의적인 변환 댓가(Switching Cost)를 치루고 있다고 생각된다.⁽²²⁾

Table 3. Result of Mean Test for Absolute-Error of Comparative Section within Method and between Methods.

	I-IV	II-III		I-I	II-II	III-III	IV-IV
M1	4.03**	3.48**	M1-M2	9.92**	8.0**	6.98**	3.85**
M2	2.21*	2.6*	M1-M3	9.32**	6.78**	1.8	0.7
M3	5.89**	1.36	M2-M3	0.61	1.29	5.03**	4.19**

Sig. Level: *:p=0.05, **:p=0.01, ***:p=0.001

3-2-4. (기저선 크기×표적위치)에 따른 분석

(기저선 크기×표적위치)에 따른 4영역에 대한 분석은 그림 3과 같다. 크기 1, 2는 I-IV-III-II, 방법 3은 IV-I-III-II 순서로 수행력이 우수하다.

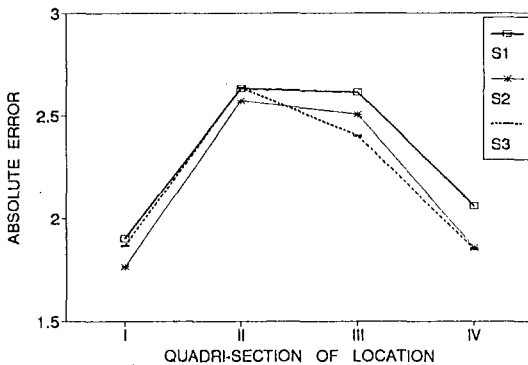


Fig. 4. Mean absolute error for methods as a function of quadri-section of base-line.

기저선 크기와 기저선 크기들 간에 4영역의 비교 영역에 대한 평균 차의 검정 결과는 표 4에 있다. 노[23]의 7 크기로 한 실험 결과 처럼 (크기 2)-(크기 3)-(크기 1) 순서로

수행력이 우수하다. 이는 기저선 크기가 수행력이 좋은 Prototype⁽¹¹⁾ 크기 보다 적거나 커지면, 양쪽 끝 부분의 (I, IV) 수행력이 중앙 부분(II, III) 보다 더 크게 저하됨을 의미한다.

Table 4. Result of Mean Test for Absolute-Error of Comparative Section within Base-Line Size and between Base-line Sizes.

	I-IV	II-III		I-I	II-II	III-III	IV-IV
S1	2.61*	0.25	S1-S2	2.45*	0.85	1.62	3.34**
S2	1.66	1.03	S1-S3	0.62	0.07	3.11*	3.53**
S3	0.29	3.55**	S2-S3	1.82	0.93	1.55	0.15

Sig. Level: *:p=0.05, **:p=0.01, ***:p=0.001

3-3. 인간 내삽 수행의 행태

종속변수로 절대오류를 사용한 3-2 분석에서 표적 위치에 관한 추정방법과 기저선 크기에 따라 내삽 수행력의 차이를 고찰하였다. 그러나, 내삽 행태가 어떻게 해서 이러한 수행력의 차이가 있는지는 분석되지 않았다. 즉, 내삽시 오류의 크기가 원인인지, 오류의 종류(과소, 과대, 정추정)에 따른 빈도 차이가 그것을 발생케 하는지, 또한 반응시간과 정확성의 절충 관계에 의해 수행력의 차이를 보이는지를 분석한다.

3-3-1. 과소, 정, 과대, 추정 빈도에 의한 분석

추정방법에 따라 과소, 과대, 정추정 행태가 다른지를 검정하기 위해, 귀무가설(추정방법에 따라 과소, 과대, 정추정하는 빈도가 같다.)에 대해 동일성(Homogeneity) 검정한 결과($\chi^2(4) = 475.15, p = 0.00 < 0.001$)는 유의적으로 대립가설이 채택되었다. 따라서 추정방법에 따라 과소, 과대, 정추정하는 내

삽행태가 다르다고 할 수 있다. 이 내용은 그림 5에 제시되어 있다.

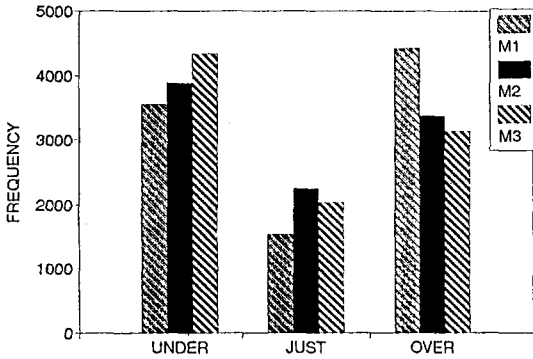


Fig. 5. Frequency of under-, just-, over-estimate for methods.

그림 6은 표적위치에서 내삽행태를 분석한 것으로, 이들의 퇴적 빈도(Stacked Frequency)를 나타낸 것이다.

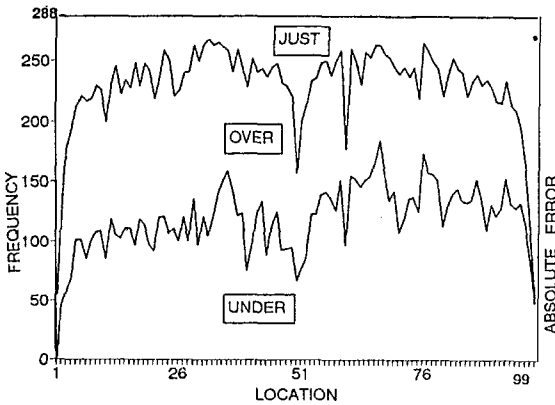


Fig. 6. Stacked frequency : frequency of under-, over-, just-estimate as a function of location.

3-2-2에서와 같은 맥락에서 4 영역 위치에서의 과소, 정추정 행태가 다른지를 검정하기 위해, 귀무가설(표적위치 4 영역에서의

과소, 과대, 정추정하는 빈도가 같다)을 동일성 검정한 결과($\chi^2(6) = 775.15, p = 0.00 < 0.001$)는 유의적이므로, 표적이 위치하는 4 영역에 따라 과소, 과대, 정추정하는 내삽행태가 다르다고 할 수 있다.

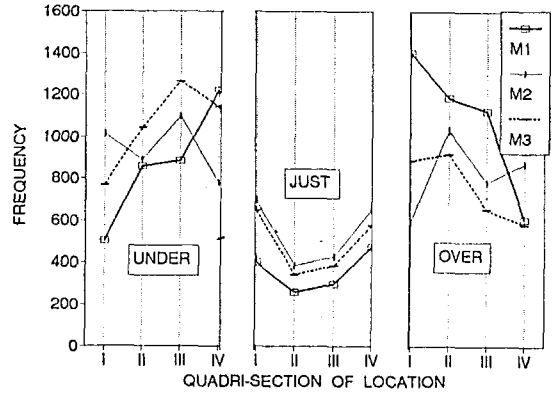


Fig. 7. Frequency of under-, just-, over-estimate for methods as a function of quadri-section of base-line.

그림 7은 추정방법과 4 영역 표적위치에 따른 과소, 정, 과대 추정 빈도를 분석한 그림이다. 과소, 정, 과대 추정행태가 추정방법들의 4영역에서 다른지를 동일성 검정한 결과($\chi^2(6) = 305.9; p < 0.001, \chi^2(6) = 323.4; p < 0.001$)는 과소, 정, 과대 추정행태가 추정방법들의 4영역에 따라 차이가 있다는 대립가설이 채택되었다.

3-2-3에서와 같은 맥락에서 대칭적 위치 I 과 IV, II 와 III에서의 귀무가설(대칭적 위치에서 추정방법들에 따른 과소 추정 횟수가 같다.)을 동일성 검정한 결과($\chi^2(2) = 644.1; p < 0.001, \chi^2(2) = 9.06; p < 0.025$), 과대 추정에 대한 동일성 검정한 결과($\chi^2(2) = 484.2; p < 0.001, \chi^2(2) = 21.99; p < 0.001$) 모두 유의적으로 대립가설이 채택되었다. 그

러나 정추정에 대한 동일성 검정 ($\chi^2(2) = 12.48; p < 0.001, \chi^2(2) = 0.064; p < 0.5$) 결과는 II와 III에서 차이가 없다.

따라서, 그림 7은 다음과 같이 분석된다. 방법 1과 3은 I에서 IV쪽으로 과소 추정 빈도는 증가하고, 과대 추정 빈도는 감소하는 경향을 보인다. 이때 방법 1은 II와 III에서 변화가 적고 최대-최소빈도 영역은 양 끝 영역이고, 방법 3은 II와 III에서 변화 폭이 크며 최대-최소빈도 영역은 최대-방법 2와 최소-방법 1의 영역과 같다. 방법 2는 어떤 경향도 보이지 않지만 과소 추정의 최대-최소빈도가 III, IV에서 과대 추정의 최대-최소빈도는 II, I에서 발생한다. 최대-최소빈도가 기저선 중심의 한쪽에 있는 것이 특이하다. 방법 1, 2, 3 공히 II-III 영역에서 과소 추정은 오른쪽인 III에서 과대 추정은 왼쪽인 II에서 빈도가 많은 경향을 갖는다.

이는 3-2-1과 3-2-3에서의 고찰을 다음과 같이 설명한다. I과 IV영역이 II와 III영역보다 수행력이 나은 것은 정 추정 빈도가 많고, 내삽 추정치의 오차가 더 적은 것으로 설명된다. 추정방법중 방법 1의 수행력이 나쁜 것은 상대적으로 정 추정 빈도가 적고, 과대 추정이 많기 때문이다. 오른쪽(III, IV)에서는 주로 과소 추정이, 왼쪽(I, II)에서는 과대 추정이 많아서 수행력이 나빠진다. 따라서 수행력은 IV-I-III-II 순서로 우수하다. 방법 2의 수행력이 가장 우수한 것은 상대적으로 정 추정 빈도가 많고, 과대, 과소 추정시 오차가 적기 때문이다. 방법 3의 수행력을 저하시키는 주원인은 상대적으로 과소 추정 빈도가 많기 때문이다. 방법 1과 과소, 과대추정 경향은 같으나 워낙 과소 추정 빈도가 많기에 II보다 III이, IV보다 I의 수행력이 나빠진다. 따라서 수행력은 I-IV-II-III 순서로 우수하다.

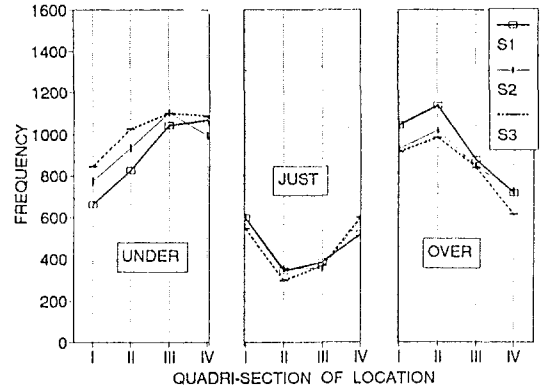


Fig. 8. Frequency of under-, just-, over-estimate for base-line sizes as a function of quadri-section of base-line.

그림 8은 지저선 크기와 4 영역 표적위치에 따른 과소, 정, 과대 추정 빈도를 나타낸 그림이다. 과소, 정, 과대 추정행태가 크기들의 4영역에서 다른지를 동일성 검정을 한 결과 ($\chi^2(6) = 23.1; p < 0.001, \chi^2(6) = 15.0; p < 0.05, \chi^2(6) = 8.9; p < 0.13$)는 과소, 정 추정행태는 크기에 따라 다르고, 과대 추정은 차이가 없다. 3-2-4에서와 같은 맥락에서 대칭적 위치 I과 IV, II와 III에서의 귀무가설(대칭적 위치에서 기저선 크기들에 따른 과소 추정 횟수가 같다)을 동일성 검정성 결과 ($\chi^2(2) = 341; p < 0.001, \chi^2(2) = 6.76; p < 0.05$) 과대 추정에 대한 동일성 검정한 결과 ($\chi^2(2) = 238. ; p < 0.001, \chi^2(2) = 2.48 ; p > 0.25$), 정추정에 대한 동일성 검정 ($\chi^2(2) = 8.82; p < 0.05, \chi^2(2) = 3.75; p > 0.1$) 결과는 II와 III에서 과대 추정과 정추정을 제외하고는 모두 유의적으로 대립가설이 채택되었다.

따라서, 그림 8은 다음과 같이 분석된다. 과소 추정빈도는 크기가 클수록 많아지고, 과대 추정빈도는 크기가 적을수록 많아진다. 또한 I에서 IV쪽으로 과소 추정 빈도는 증

가하고, 과대추정 빈도는 감소하는 경향을 같다.

이는 3-2-2과 3-2-4에서의 고찰을 다음과 같이 설명한다. I 과 IV영역이 II와 III영역보다 수행력이 좋은 것은 정 추정 빈도가 많고, 내삽 추정치의 오차가 더 적은 것으로 설명된다. 왼쪽(I, II)에서는 주로 과대 추정이, 오른쪽(III, IV)에서는 과소 추정이 많아서 수행력이 나빠진다. II와 III 수행력 차이는 그림 8에서와 같이 II와 III의 빈도 차이가 과소 추정치보다 과대 추정치에서 크기 때문에 II 영역이 수행력이 III에서의 수행력보다 나쁘게 된다.

이는 노(23)의 결과와 일치하며, 상대적으로 기저선 크기가 Prototype 크기보다 적어지면 과대 추정치는 감소하고, 과대 추정치는 증가한다. 상대적으로 기저선 크기가 커지면 반대 현상이 발생한다.

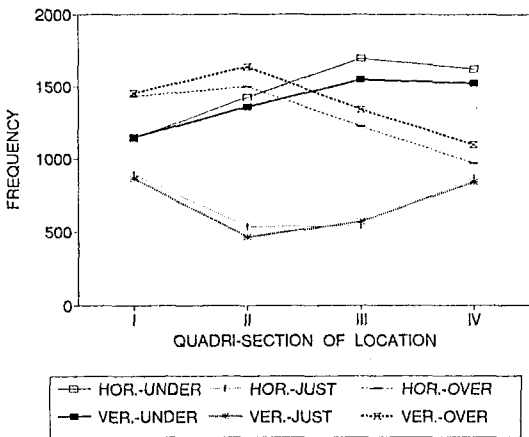


Fig. 9. Frequency of under-, just-, over-estimate for orientations as a function of quadri-section of base-line.

과소, 정, 과대 추정행태가 기저선 방향들의 4영역에서 다른지를 동일성 검정을 한 결과($\chi^2(3) = 3.42; p < 0.4$, $\chi^2(3) = 5.15; p > 0.2$, $\chi^2(3) = 4.07; p > 0.3$)는 과소, 정, 과대 추정행태가 방향에 따라 다르지 않다는 귀무가설이 채택되었다. 이는 절대 오류의 ANOVA 분석과 일치하며 그림 9는 그 내용이다.

3-3-1에서 분석한 표적위치에 따른 과소, 과대, 정추정하는 행태에 대한 빈도는 다음과 같은 이론적 설명이 가능하다. 인간이 어떤 것을 추정할 때는 기착-조정 자기발견법(Anchoring and Adjustment Heuristic)을 사용한다.⁽¹¹⁾ 이는 추정 결정을 할때 우선 기착점을 정하고 이를 조정해서 추정치를 정하는 것이다. 전체적으로는 내삽 과업에서 실험 결과에 의하면 작은 것에 과대반응하고, 큰 것에 과소반응하는 사정효과(Range Effect)를 그림 8에서 관찰할 수 있다. 피험자가 중앙의 왼쪽 영역에 있는 표적위치를 내삽할 때는 기저선 전체길이와 목표길이(눈금 0에서 표적위치까지)를 비교하고, 오른쪽 영역에서는 목표길이와 나머지 길이(표적위치에서 눈금 100까지)를 비교한다고 생각한다.

따라서 왼쪽 영역에서 표적이 출현하면 기착점은 눈금 0에, 오른쪽 영역에서는 기착점이 표적위치 자체가 되어 그 차이를 조정해서 내삽과업을 수행하는 행태를 갖는다고 해석되어진다.

그러나 그림 7에서 특히 방법 2는 I, IV 영역에서 역사정효과가 관찰된다. 이는 어떤 처리코드로 조작 반응을 하느냐에 따라 기착점이 달라지고, 직무수행 행태가 변하는 것으로 해석되어진다.⁽⁸⁾

3-3-2. 반응 시간에 의한 분석
추정방법에 따른 반응 시간의 차이는 기본적으로 키-누름 횟수 차이와 인지적 처리시간에 의해서이다. 이들의 평균 반응시간은 방법 1, 2, 3 각각 3.65, 7.56, 12.05초이다. 이

3-3-2. 반응 시간에 의한 분석

추정방법에 따른 반응 시간의 차이는 기본적으로 키-누름 횟수 차이와 인지적 처리시간에 의해서이다. 이들의 평균 반응시간은 방법 1, 2, 3 각각 3.65, 7.56, 12.05초이다. 이

들의 차이가 순수한 키-누름만의 차이가 아닌 것이 다음과 같은 고찰로 가능하다.

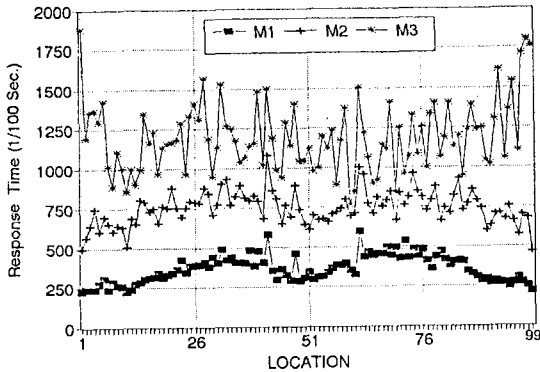


Fig. 10. Mean response time for methods as a function of location.

반응시간은 기저선 방향, 크기에 어떤 경향성을 보이지 않으나, 표적위치에 대해서는 그림 10에서 처럼 방법 1과 2는 표적위치에 따라 그림 2의 수행력(절대오류)과 같은 패턴을 보임으로써 일반적인 속도-정확성의 절충관계를 위반하고 있다. 이는 시간을 많이 소모하고도 오류가 큰 것을 나타내며, 내삽시 표적위치에 따른 체계적인 난이도가 존재함을 의미한다.

또한 방법 3의 경우 시간을 몇배(1의 3.3배, 3의 1.6배) 많이 사용하고, 3-2-1(수행력은 방법 1보다 좋고)과 3-3-1(행태는 방법 1과 유사하고) 분석에서 특이한 경향이 없는데도 불안정한 반응시간 차이를 나타내는 것은 반응시에 공간적 코드와 언어 코드 사이에 어떤 간섭이 존재함을 의미한다.

이는 3-3-1 분석에서 방법 3이 다른 방법보다 기착의 어려움(Anchor Heavily)이 가장 큰 것을 의미하며, 일련의 조작시 공간 코드와 언어 코드를 바꾸어야 하는데(Switching Modality) 필요한 댓가가 총 Resource의 확대 이점보다 더 큼을 의미한다. (8, 22)

4. 결 론

본 연구에서 상대적 위치를 어떻게 인식하는가 하는 내삽 직무에 관해 감각기관으로는 시각을, 제시 자극의 구성은 언어적인 것과 공간적인 것으로, 조작적 반응(Manual Resoponse)을 할때 작업기억에서 언어적 처리 경향이 강한(방법 1), 공간적 처리 경향이 더 큰(방법 2)와 수행 과정에 언어적 코드와 공간적 코드의 전환이 필요한(방법 3)들의 수행력을 비교 분석한 결과 방법 2-방법 3-방법 1 순서로 우수했다. 이들 방법의 내삽 행태를 분석한 결과 체계적 오류가 발생하고, 방법에 따라 행태가 차이가 있음이 분석되었다.

이들은 Multiple Resources Model로 분석하여, (S-C-R) 양립성 관계가 반영되는 해석을 하였다. 아래와 같이 인간-기계 체계의 설계에서 시각적 정보의 제시방법과 조작-추정방법 해석에 도움이 되는 지침을 제안한다.

1-a 내삽은 본질적으로 공간적 속성을 갖는 직무이다. 정보 속성(차원) 변환으로 숫자(언어적) 제시-상사적(공간적) 반응이 공간적 제시-숫자(언어적) 반응보다 더 우수했다. 이는 처리 과정의 코드와 추정방법이 정보 제시 방법보다 내삽 직무에 더 영향을 미침을 의미한다.

1-b Resource Construct에 문제가 없다면, 직무의 속성(공간적/언어적)이 (S-C-R) 양립성 관계에서 어쩔수 없이 변형될 때, C와 R에 유지시키도록 하는 것이 S에 속성이 남아 있도록 하는 것보다 좋은 수행력을 보일수 있음을 의미한다. 즉 설계시 직무의 정보처리가 어떤 속성을 갖는가를 규명하는 것이 최우선이며, 이것으로 효율적인 조작-반응을 예측하고, 정보

제시 방법을 선택하는 것이 설계 모델의 기본적 요소라 간주된다.

1-c 같은 맥락에서 이는 공간적 속성이 있는 직무에 처리과정과 전달에 공간적 코드가 주로 이용되는-그래픽 디자인, 도형 입력, CAD 등에 디지털이징 장치와 입력 장치로 사용되는 Pointing 장치들(마우스, 트랙볼, 라이트펜, 터치패널, 디지털라이저 등)과 GUI에서 아이콘을 지적하거나 이동하는 상사적 장치들의 사용-정당성을 지지한다.

2-a 내삽시 크기의 중심을 기준으로 내삽 수행력은 오류의 절대치로 대칭적 경향을 보이며, 속도-정확성 절충 관계를 위반하는 체계적 오류가 존재한다.

2-b 그러나 중심을 좌-우로 내삽 수행 행태(Pattern)는 다르다. 중심의 왼쪽에서는 과소 추정을 더 많이 하고, 오른쪽에서는 과대추정을 주로 해서 오류를 발생시킨다.

2-c 이는 설계시 시스템의 상태를 어떤 상태로 추정하는 것이 바람직한가에 따라 의도적으로 과대 추정 및 과소 추정이 있도록 할 수 있음을 의미한다. 그렇치 않을 경우 체계적 오류를 고려해 만들어진 예측 모델에 의해 보정되어지거나, 표시장치 설계시에 거리/크기 인식과정을 도울 시각적 보조/참조물(Visual Aid/Reference)이 필요함을 의미한다.

참 고 문 헌

1. Boles, D. B., "Display Formatting in Information Integretion and Non-integration Tasks," *Human Factors*, Vol. 29, No. 4, pp. 395-406, 1987.

2. Carswell, C. D. and Wickens, C. D., "Lateral Task Segregation and the Task-hemispheric Integrity Effect," *Human Factors*, Vol. 27, No. 6, pp. 695-700, 1985.

3. Cohen, E., and Follert, R. L., "Accuracy of Interpolation between Scale Graduations," *Human Factors*, Vol. 12, No. 5, pp 481-483, 1970.

4. Cross, K., Noble, M. and Trumbo, D., "On Response-Response Compatibility," *Human Factors*, Vol. 6, No. 1, pp. 31-37, 1964

5. Galer, I. A. R., *Applied Ergonomics Handbook*, Butterworths, London, 1986.

6. Grether, W. F. and Backer, C. A., Visual Presentation of Information. In *Human Engineering Guide to Equipment Design*, H. A. Vancott and R. G. Kinkade, Eds., Rev. ed., U. S. Government Printing Office, Washington, D. C., 1972.

7. Helander, M. G., Design of Visual Displays. In *Handbook of Human Factors*, Gavriel Salvendy, Ed., John Wiley & Sons Inc., 1987.

8. Klapp, S. and Netick, A., "Multiple Resources for Processing and Storage in Short-term Working Memory," *Human Factors*, Vol. 30, No. 5, pp. 617-632, 1988

9. Kroemer, K. H. E., Kroemer, H. B. and Kroemer-Elbert, K. E., *Ergonomics-How to Design for Ease and Efficiency*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1994.

10. Matlin, M. W. and Foley, H. J., *Sensation and Perception*, 3rd Ed., Allyn and Bacon, Boston, 1992.

11. Matlin, M., *Cognition*, Holt-

- Saunders International ed., Japan, 1983.
12. Polson, M. C., "Task Sharing within and between Hemispheres : Multiple Resources Approach," *Human Factors*, Vol.30, No.5, pp.633-643, 1988.
 13. Pulat, B.M., *Fundamentals of Industrial Ergonomics*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1992.
 14. Robinson, C.P., "Comparison of Speech and Pictorial Displays in a Cockpit Environment," *Human Factors*, Vol.29, No.1, pp.31-44, 1987.
 15. Roscoe, S. N., "Judgements of Size and Distance with Image Displays," *Human Factors*, Vol.26, No.6, pp. 617-629, 1984.
 16. Stilitz, I. and Yitzhaky, J., "The Effect of Grid Size on Street Location Time in Maps," *Applied Ergonomics*, Vol.10, No.4, pp.235-239, 1979.
 17. Takeda, M. and Hayashi, Y., A Study on the Method of Measuring the Activity Level of VDT Workers. In *Work with Computer : Organizational, Management, Stress and Health Aspects*, M.J. Smith and G. Salvendy Eds., Elsevier, pp. 644-653, 1989.
 18. Whitehurst, H. o., "Screening Designs used to Estimate the Relative Effects of Display Factors on Dial Reading." *Human Factors*, Vol. 24, No.3, pp 301-310, 1982.
 19. Wickens, C.D., Sandry, D.L. and Vidulich, M., "Compatibility and Resource Competition between Modalities of Input, Central Processing, and Output," *Human Factors*, Vol.25, No.2, pp.227-248, 1983.
 20. Wickens, C.D., "*Engineering Psychology and Human Performance*, Charles E. Merrill Publishing Co., Columbus, 1984.
 21. Wickens, C.D., "Information Processing, Decision-Making, and Cognition," In Salvendy, G., Ed., *Handbook of Human Factors*, John Wiley & Sons Inc, New York, 1987.
 22. Wickens, C.D. and Liu, Y., "Codes and Modalities in Multiple Resources : A Success and a Qualification," *Human Factors*, Vol.30, No.5, pp.599-616, 1988.
 23. 노재호, "CRT 표시장치에서 내삽 추정치에 대한 방향, 크기, 위치의 효과," *대한인간공학회지*, 9권 1호, pp.35-42, 1990.
 24. 박성현, *현대실험계획법*, 대영사, 1987.